

습도와 감귤 잎의 연령이 귤녹응애 증식에 미치는 영향 및 감귤원에서 발생소장

서연동 · 김동순^{1*}

한국생명과학연구소, ¹제주대학교 생명자원과학대학(SARI) 식물자원환경전공

Effects of Humidity and Citrus Leaf Age on the Multiplication of *Aculops pelekassi* (Acari: Eriophyoidea) and Seasonal Population Abundances in Citrus Orchards

Yon Dong Seo and Dong-Soon Kim^{1*}

The 21st Century Life Science Foundation, Hankook Life Science Institute, Hansaengyeon, Gyeonggi-do 463-811, Republic of Korea

¹Faculty of Bioscience and Industry, College of Applied Life Science, SARI, Jeju Nat'l. Univ., Jeju 690-756, Republic of Korea

ABSTRACT: The pink citrus rust mite, *Aculops pelekassi* (Keifer) (Acari: Eriophyoidea), is an important pest in the citrus orchards of Jeju, Korea. This study was performed to investigate the seasonal population abundance of *A. pelekassi*, and the effects of humidity and citrus leaf age on the multiplication of this pest. Relative humidity (RH) significantly affected the longevity and fecundity of *A. pelekassi*. Longevity was 7.5, 14.5 and 14.6 d and fecundity was 5.4, 21.5, and 27.1 eggs at 33, 75 and 84% RH, respectively. The leaf age of citrus significantly affected the multiplication of *A. pelekassi*. The population abundance on 40 day-old leaves was much higher more than 3 times that on 10-day old leaves at 4 weeks after introduction. Overwintered *A. pelekassi* adults between the bud scales of the citrus trees became active in late April; they were found on newly emerged leaves, followed by their settlement on young fruits in mid-June. The population levels of *A. pelekassi* peaked on the leaves in late June to July, and on the fruits in early August. The results obtained in this study should be useful for the control of *A. pelekassi* in citrus orchards in Jeju.

Key words: *Aculops pelekassi*, Citrus, Humidity, Leaf age, Seasonal abundance

조 록: 귤녹응애(*Aculops pelekassi* (Keifer))는 제주감귤의 중요한 해충이다. 본 연구는 귤녹응애의 연간 발생소장을 구명하고자 수행하였으며, 습도와 잎의 연령이 밀도증식에 미치는 영향을 검토하였다. 상대습도는 통계적으로 유의하게 귤녹응애 성충의 수명 및 산란에 영향을 주었다. 상대습도 33, 75, 84%에서 수명은 각각 7.5, 14.5, 14.6일 이었고, 산란수는 5.4, 21.5, 27.1개 이었다. 감귤 잎의 연령에 따라 귤녹응애의 증식정도는 유의하게 차이가 있었다. 연령이 40일된 잎에서는 귤녹응애 밀도증식이 가장 높았으며, 4주 후에는 10일된 잎에서 증식된 것과 비교하여 3배 이상 높았다. 눈 인편 틈에서 월동한 귤녹응애 성충은 4월 하순부터 활동을 시작하여 5월 중순경부터 봄에 발아하여 전개되는 잎(봄 잎)에서 발생하기 시작하였고, 6월 중순에는 과실에서 발생이 시작되었다. 잎에서 발생소장은 6월 하순에서 7월 발생최성기를 보였고, 과실에서는 8월 상순 발생 최성기를 보였다. 본 연구결과는 감귤원에서 귤녹응애 방제에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대되었다.

검색어: 귤녹응애, 감귤, 습도, 잎의 연령, 발생소장

귤녹응애(*Aculops pelekassi* (Keifer), the pink citrus rust mite)는 흑응애과(Eriophyoidea)에 속하는 해충으로 감귤류(*Citrus* spp.)의 주요 해충으로 알려져 있으며, 지중해 연안, 태국, 일본,

대만, 플로리다, 브라질 등에 분포한다(Keifer, 1975; Childers and Achor, 1999; Ashihara et al., 2004). 흑응애과의 흑응애류는 영어 명으로 'gall mite', 'bud mite' 또는 'blister mite' 라고 부르며, 잎에 물집 또는 구형의 흑을 형성하거나 변색시키는 피해를 일으킨다(Keifer et al., 1982). 귤녹응애의 경우는 세포가 왕성히 자랄 때(세포분열)에는 캘러스 형태의 균은살 같은 피해가 나타나지만, 세포분열이 완료된 후 가해지는 동녹증상

*Corresponding author: dongsoonkim@jejunu.ac.kr

Received July 9 2013; Revised August 13 2013

Accepted August 20 2013

(bronzing symptom)의 피해가 나타난다(Ashihara et al., 2004).

감귤에 발생하는 흑응애는 감귤재배지역의 기후조건(습도)에 따라 발생 종에 차이가 있으며, 전세계적으로 대략 12종이 발생하고 있는 것으로 보고되어 있다(Reviewed in Ashihara et al., 2004). 우리나라 감귤에는 현재 굴녹응애 한 종이 보고되었다(Anonymous, 1986; Kim et al., 2000). 흑응애류는 일반적으로 평균 몸길이가 200 μm 이고 넓이는 80~500 μm 인 매우 작은 해충으로(Keifer, 1975) 미리 발생을 확인하기 어렵기 때문에 피해에 취약하다. 일본 감귤에서 굴녹응애는 사소한 해충(minor pest)으로 취급되었으나, 2000년대부터 발생이 증가하고 있는 것으로 알려져 있다(Ashihara et al., 2004). 우리나라에서는 1982~1986년 연간 발생소장이 조사되었고(Keown et al., 1986), 그 후 1996~1998년 조사에서 발생 및 피해가 매우 경미한(very light) 것으로 기록되었다(Kim et al., 2000). 그러나 최근에는 유기농 등 무농약재배 감귤원에서 피해가 증가하고 있으며 심각한 경제적 피해를 유발하는 경우도 있었다(Kim et al., 2010). 또한 굴녹응애는 고온에 잘 적응한 종으로 지구온난화에 따라 발생이 증가할 수 있는 대표 해충으로 평가되었다(Kim et al., 2009). 또한 일본에서는 굴녹응애 방제약제로 주로 쓰이는 디치오카바메이트 약제(대표약제 mancozeb)에 저항성을 나타내는 계통이 출현한 것으로 일찍이 보고되었다(Qu et al., 1997). 제주 감귤에서는 아직 디치오카바메이트 저항성에 대한 평가가 이루어지지 않았으나, 관행재배 감귤원에서 감귤녹응애가 다발생하는 경우가 있는 것으로 보아(personal observation, 2012) 향후 대책이 필요하다.

이렇게 여러 가지 측면에서 굴녹응애에 대한 피해 위험도가 증가하고 있음에도 불구하고 아직 제주 감귤에서 굴녹응애에 대한 기초자료가 매우 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 굴녹응애의 포장 발생특성을 구명하고 몇 가지 요인이 개체군 밀도 증가에 미치는 요인을 분석하여 굴녹응애 방제를 위한 기초자료를 마련하고자 수행하였다.

재료 및 방법

굴녹응애 실내 사육

굴녹응애는 최초 2006년 11월 제주도 오등동의 방치된 감귤나무에서 채집하였다. 두 가지 방법으로 실험실에서 굴녹응애의 콜로니를 유지시켰다. 한 가지 방법은 포트(1 L)에 심은 탕자나무(*Poncirus trifoliata*, 3~4년생)를 이용하여 실시하였다. 배지는 일반 원예용 상토와 밭 토양(사양토)을 1:1 비율로 혼합하여 사용하였다. 탕자나무 줄기를 강하게 전정하여 새로운 잎

이 나오도록 유도하였다. 새로 나온 잎이 경화되기 시작하면 굴녹응애를 접종하여 증식하였다. 다른 방법은 탕자나무 또는 감귤나무 잎을 절취하여 그 위에 굴녹응애를 접종하여 개체군을 유지 시켰다. 즉 페트리디시(직경 95 mm, 높이 45 mm)에 스펀지(75 × 60 × 20 mm)를 넣고, 그 위에 솜(70 × 55 mm)과 망사천(70 × 55 mm)을 스펀지 크기에 맞게 잘라서 올려놓은 다음 스펀지에 물을 충분히 흡수 시켰다. 이렇게 하여 잎과 스펀지 사이에 물이 흡수되는 것을 돕고 굴녹응애가 잎 밖으로 탈출하는 것을 방지하였다. 두 가지 방법을 상호보완적으로 이용하여 실내에서 성공적으로 굴녹응애 개체군을 유지시킬 수 있었다. 페트리디시는 망사천으로 된 40 mm 구멍이 있어 공기가 유통할 수 있었다. 탕자나무의 생장을 위하여 3개의 형광등(20 W)을 나무 위 50 cm 지점에 설치하여 빛을 공급하였다. 실험실 온도는 24±2°C, 광주기는 16:8(L:D)로 유지 시켰다. 습도 및 잎 연령 실험을 위하여 감귤나무(*Citrus unshiu*) 2~3년생을 중형 포트(3 L)에 심어 재배하였으며, 필요시 강하게 전정하여 새로운 잎을 유도하였다. 재배관리는 탕자나무와 동일하게 하였다.

습도가 굴녹응애 산란수 및 수명에 미치는 영향

습도에 따른 굴녹응애 성충의 수명 및 산란수를 조사하기 위하여 KCl, NaCl, MgCl₂ 포화용액을 이용하여 실험에 필요한 습도의 구배를 조성하였다. 각 포화용액은 25°C 온도조건에서 84, 75, 33%의 상대습도(RH)를 나타내는 것으로 알려져 있다(Robinson and Stokes, 1955; Lide, 2006). 밀폐용기(락앤락, 4 L)에 각 포화용액 300 ml가 사용되었다.

산란실험은 실내사육에 사용된 것과 동일한 방법으로 제작한 페트리디시 장치에서 실시하였다. 페트리디시 당 10개의 감귤 잎 절편(5 × 5 mm)을 뒷면이 위로 향하도록 설치하였다. 사용된 감귤 잎은 실내사육에서 재배한 방법과 동일하게 재배한 감귤 묘목에서 얻었으며, 발아 후 40일 이상 된 잎을 사용하였다. 잎 절편 당 실내사육 콜로니에서 비슷한 크기의 굴녹응애 약충 2~3 마리씩 접종하였다. 이때 한 개의 털 만 남긴 0호 붓을 이용하였다. 탈피하여 나오는 성충 중에서 암컷 한 마리만 남기고 모두 제거하였다. 주로 단위 생식으로 번식함으로 수컷은 접종하지 않았다(Seiki, 1975).

굴녹응애를 접종한 페트리디시를 포화용액을 담은 밀폐용기에 넣어 온도 25±0.5°C, 광주기 16L:8D로 설정한 항온기에 처리하였다. 이 때 스펀지에 흡수된 물로 인하여 용기 내 습도가 교란되는 것을 최대한 방지하기 위하여 잎 절편을 올려놓은 스펀지의 윗면만 남기고 다른 부분은 주방용 랩으로 포장하였다. 처리별 20 마리의 암컷을 반복하였으며, 물에 빠져죽은 개

체나 조기에 사망한 개체는 분석에서 제외하였다. 산란수 및 생존여부 조사는 24시간 간격으로 실시하였으며 해부현미경 30~60배로 관찰하였다.

암컷 성충이 조기에 사망한 경우는 자료 분석에서 제외하였다. 온도별 각 변량은 분산분석을 통하여 분석하였으며 평균간 비교는 Tukey 검정을 이용하였다(SAS Institute, 1999).

잎의 연령이 굴녹응애 증식에 미치는 영향

실내에서 재배하고 있는 감귤묘목을 10일 간격으로 강전정하여 새로 잎이 발생하도록 유도하였다. 이러한 방법으로 발아 후 10, 20, 30, 40일 된 잎을 얻었으며, 각 연령의 잎을 1 cm²(가능한 1 × 1 cm 크기) 조각으로 잘라서 실내사육과 같은 방법으로 마련된 페트리디시에 설치하고, 잎 조각 당 24시간 이내에 탈피한 굴녹응애 암컷성충 10마리를 접종하였다. 비슷한 연령의 암컷성충을 얻기 위하여 미리 휴식상태의 말령 약충을 충분히 수거하여 별도로 사육하였다. 굴녹응애를 다룰 때는 한 개의 털을 남긴 0호 붓을 사용하였고, 처리 당 5반복으로 수행하였다. 접종 후 온도 25±0.5℃, 광주기 16L:8D로 설정한 항온기에 처리하였으며, 4주 동안 7일 간격으로 알을 제외한 모든 개체수를 해부현미경 30~60배로 관찰하였다.

조사자료는 분산분석을 실시하였으며, 평균간 비교는 Tukey 검정을 이용하였다(SAS Institute, 1999).

굴녹응애 발생소장 조사

굴녹응애 연간 발생소장을 구명하기 위하여 2005년에서 2008년까지 제주도 4개 감귤원(방치 과원: 도련동 1, 해안동 3) 과 서귀포시 토평 1개 무농약 감귤원에서 생육기간 동안 굴녹응애 발생밀도를 약 7일 간격으로 조사하였다. 각 조사일별 5주에서 총 20잎(또는 과실)을 임의로 채취하였다(나무 당 4잎 또는 4과실). 채집한 잎(또는 과실)을 종이 봉지에 넣고 그 봉지를 다시 밀폐 할 수 있는 비닐봉지(20 × 30 cm)에 넣어 실험실로 옮긴 후 조사시까지 4℃ 냉장고에 보관 하였다. 밀도조사는 20~50배 해부현미경 하에서 실시하였다. 2005년에는 잎당 마리수를 지수(Index)로 변환하여 기록하였다. 즉 0 = 0 마리, 1 = < 10 마리, 2 = < 100마리, 3 = > 100마리, 4 = > 200마리, 5 = > 300마리, 6 = > 400마리, 7 = > 500마리로 표현하였다. 다른 년도에는 채취한 표본을 대상으로 전수 조사를 실시하였다.

2005년에는 굴녹응애의 월동처를 확인하기 위하여 1월에서 2월 하순 사이에 감귤나무 눈(bud)을 채취하여 조사하였다(please see Table 2 for the sample size). 전년도에 굴녹응애의 발생이

확인되었던 제주도 도련동 유기농 감귤원에서 조사하였다. 또한 굴녹응애의 계절초기 발생생태를 구명하기 위하여 감귤 발아기부터 잎, 꽃, 어린과실 등에 발생한 굴녹응애 발생밀도를 조사하였다. 즉 4월 하순부터 6월 하순까지 꽃(착과 후에는 과실)이 발생한 신초를 한 단위로 조사시기마다 총 20개 표본(총 5주)을 채취하여 전수 조사하였다.

결과

상대습도 및 잎의 연령이 굴녹응애 증식에 미치는 효과

상대습도는 통계적으로 유의하게 굴녹응애 성충의 수명 및 산란에 영향을 주었다(Table 1, longevity: $F = 22.70$; $df = 2, 20$; $p < 0.0001$, fecundity: $F = 31.37$; $df = 2, 20$; $p < 0.0001$). 상대습도 75% 또는 84%에서의 수명과 비교하여 33%에서는 수명이 약 반으로 감소하였다. 산란수는 상대습도가 낮은 경우 높을 때와 비교하여 약 4~5배 감소하였다.

잎의 연령에 따라 굴녹응애의 증식정도는 유의하게 차이가 있었다(Fig. 1). 접종 후 1주일에는 차이가 없었으나($F = 1.59$;

Table 1. Effects of humidity on the longevity and fecundity of *A. pelekassi* at 25°C

Compound (Relative Humidity)	n	Longevity in days	Fecundity
KCl (84%)	9	14.6±1.13a	27.1±2.46a
NaCl (75%)	6	14.5±0.72a	21.5±2.79a
MgCl2 (33%)	8	7.5±0.33b	5.4±0.71b

Means followed by same letter in a column are not significantly different by Tukey test at $P = 0.05$.

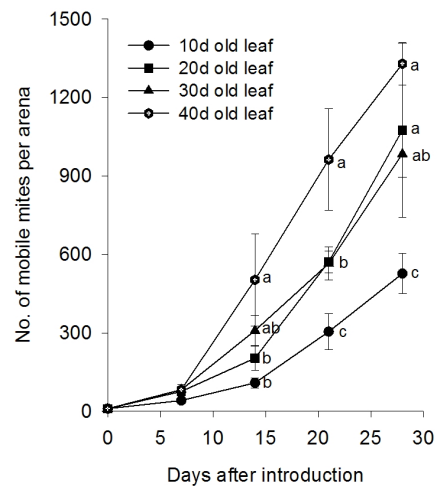


Fig. 1. Effects of citrus leaf age on the multiplication of *A. pelekassi* at 25°C in the laboratory.

Table 2. Frequency distribution of overwintering *A. pelekassi* adults on 52 buds of citrus trees; the bud samples were collected in January to late February 2005

	Range (no. of rust mite found per bud)					Sum
	1	2 to 3	4 to 6	7 to 10	> 10	
Frequency	18	21	8	4	1	52
%	34.6	40.4	15.4	7.7	1.9	100

Table 3. Seasonal changes in citrus plant parts infested with *A. pelekassi*; that are indicated by the mean number of mites per sample in Jeju in 2005

Sampling date	Plant parts examined				
	Bud	Flower or fruit stalk	New leaf	Fruit	Old leaf
29 April	0.16	0.63	0.00	- ¹	0.00
7 May	0.03	0.00	0.00	-	0.00
20 May	0.00	1.53	10.67	0.00	0.00
27 May	-	0.00	0.64	0.00	0.00
4 June	-	0.00	0.05	0.00	0.00
11 June	-	0.00	1.82	0.10	0.00
29 June	-	0.00	69.22	11.3	0.00

¹Samples were not taken or absent at that time.

df = 3, 16; $p = 0.2328$), 2주일 후부터는 잎의 연령별 증식정도에 차이가 있었다(2 weeks: $F = 3.70$; $p = 0.0357$, 3 weeks: $F = 7.00$; $p = 0.0036$, 4 weeks: $F = 4.38$; $p = 0.0211$, df = 3, 16 in all cases). 잎의 연령이 10일 된 상태에서 굴녹응애를 접종한 경우는 다른 잎에서보다 2주후부터 증식정도가 낮았으며, 3주 및 4주 후에는 더욱 증식이 둔화되었다. 반면, 처음 40일된 잎에 접종한 경우는 굴녹응애 밀도증식이 가장 높았으며, 4주 후에는 10일 된 잎에서 증식된 것과 비교하여 3배 이상 높았다. 잎이 20일과 30일된 상태에서 굴녹응애를 접종한 경우도 10일 잎보다는 유의하게 증식정도가 높았다.

굴녹응애 발생소장

월동 중인 굴녹응애는 감귤나무 눈의 인편 틈에서 발견되었다. 총 149개 표본에서 굴녹응애가 발견된 눈은 52개 이었으며 (35%), 채집된 표본 중에서는 눈 당 최대 12마리까지 발견되었다. 눈 당 3마리 이하의 굴녹응애가 발견되는 비율은 75%가 되었다(Table 2).

생육초기 굴녹응애 발생생태를 구명하기 위하여 눈(인편), 화경 및 과경, 신엽, 과실 등을 채취하여 시기별 조사한 결과 Table 3과 같았다. 월동 성충은 4월 하순에 발아된 화경 및 과경

에서 발견되었고, 월동처인 인편에서는 5월 중순경부터 발견되지 않았다. 봄에 발아하여 전개되는 잎(봄 잎)에서는 5월 중순경부터 나타나기 시작하였고, 6월 중순에는 과실에서 발생이 시작되었다. 전년도 발생하여 겨울을 거친 꺾은 잎(묵은 잎)에서는 발견되지 않았다.

굴녹응애 발생소장 조사결과 2005년에는 도련동 감귤원에서 만 굴녹응애가 지속적으로 발생하였고(잎), 다른 과원에서는 밀도가 낮거나 지속적으로 발생하지 않고 돌발적으로 발생하였다(no data available). 2006년에는 불규칙적이고 산발적으로 발생하여 분석하기 곤란하였다. 2007년에는 제주시 4개 감귤원의 잎과 과실에서 지속적으로 발생하였다. 조사된 자료의 결과는 2005년은 Fig. 2, 2007년은 Fig. 3과 같았다.

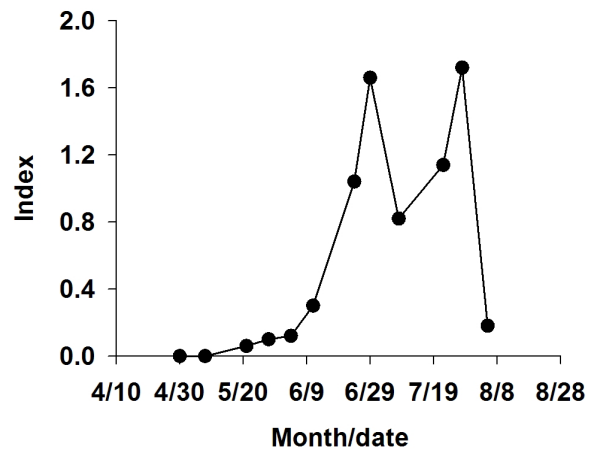


Fig. 2. Seasonal abundances of *A. pelekassi* on leaves in citrus orchards in Jeju City, 2005. The data are based on the following index values: 0 = 0 mite, 1 = <10 mites, 2 = <100 mites, 3 = >100 mites, 4 = >200 mites, 5 = >300 mites, 6 = >400 mites, 7 = >500 mites.

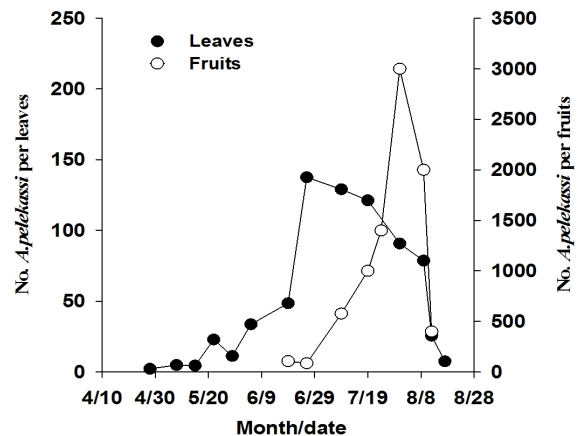


Fig. 3. Seasonal abundances of *A. pelekassi* on leaves and fruits in citrus orchards, 2007. The data are based on the average values of 4 orchards in Jeju City.

앞에서 2005년 연간 발생소장(잎)은 Fig. 2와 같이 6월 상순부터 발생이 증가하다가 6월 하순 발생최성기에 도달하였고 장마철에는 발생이 약간 감소했다가 7월 하순까지 높은 밀도를 유지하였다. 과실에는 국부적 돌발적으로 발생하였는데, 포장 관찰에서 8월 상순부터 피해증상이 나타났다. 2007년에는 처음 4월 하순경부터 앞에서 발생이 시작하였으며 밀도가 서서히 증가하다가 6월 상순경부터 급격히 증가하여 6월 하순 최고밀도에 도달하였고 이 상태가 7월 중하순까지 지속되었다. 과실에서의 밀도는 앞에서 밀도가 최고로 되는 시기부터 본격적으로 발생되기 시작하여 8월 상순 발생최성기를 보였다. 그 후 8월 중순 이후부터는 잎과 과실 모두에서 굴녹응애 발생이 확인되지 않았다.

고찰

혹응애류의 발육단계는 알, 1약충, 2약충, 성충으로 구성되어 있고, 주로 성충 상태로 가지 틈이나 눈 사이에서 월동한다. 굴녹응애의 경우는 감귤 눈 인편틈에서 월동하는 것으로 알려졌다(Mijuskovic, 1973; Seki, 1981; Ashihara et al., 2004), 이번 조사로 재확인되었다.

굴녹응애의 계절 초기생태 구멍은 방제 측면에 매우 중요한 요인으로 취급될 수 있다. 그 이유는 제주감귤에서 굴녹응애 피해가 일반적으로 잎의 경우 7월 상순, 과실에서는 8월 중하순에 나타나는데, 농가에서는 피해가 나타나면 그때야 방제수단을 동원하는 경우가 많기 때문이다. 즉 굴녹응애의 초기 생태는 미리 방제대책을 수립할 수 있는 정보를 제공할 수 있다. 일본 감귤에서는 월동성충이 봄철 새로 나온 잎에 알을 낳고 증식하다가 6월 하순 과실로 이동하는 것으로 보고하였다(Seki, 1981). 미국 플로리다에서 굴녹응애는 처음 잎을 가해하다가 직경이 3 cm 이하되는 어린 과실로 이동한다고 하였다(Ashihara et al., 2004). 제주에서는 월동성충이 4월 하순에 눈(bud)과 발아하는 신초줄기에서 동시에 발견되는 것으로 보아 이때부터 활동을 시작하는 것으로 보인다. 그 후 새잎에서는 5월 중순부터 본격적으로 발견되기 시작하였고, 과실에서는 6월 중순부터 발견되기 시작하였다. 전체적으로 볼 때 제주감귤에서 굴녹응애 초기 발생생태는 앞에서 증식하여 과실로 이동하는 양상이 일본 및 미국의 경우와 유사하였다. 따라서 과실의 피해를 방지하기 위해서는 6월 상순까지 초기방제를 마무리하는 것이 필요하다고 판단된다.

미국 플로리다에서 굴녹응애 개체군 밀도는 잎에서는 6월과 7월 사이에 가장 높았고, 7월에서 8월에 과실에 발생 최성기를 보인다(Ashihara et al., 2004). 이런 경향은 본 조사와 일치하였

다. 혹응애류의 발생증가에는 기상조건이 크게 작용하는 것으로 알려져 있다. 일본에서 굴녹응애가 다발생하는 경우는 봄 평균 기온과 여름철의 적은 강수보다는 높은 습도가 더 크게 영향을 주었고 하였다(Childers and Achor, 1999). 대기 습도가 감소하면 굴녹응애 개체군 성장율이 감소하는 것은 일반적인 현상으로 판단된다(Hobza and Jeppson, 1974; Childers and Achor, 1999). 본 연구에서의 결과도 상대습도가 굴녹응애 성충의 수명과 산란에 크게 영향을 미치고 있음을 제시하였다. 하지만, 상대습도가 제주감귤원에서 실제로 굴녹응애의 개체군 밀도 증가에 결정적인 영향을 미치는 요인은 아닌 것으로 보인다. 즉, 제주지역은 년 중 습도가 높고, 특히 굴녹응애가 발생하는 시기에는 거의 70% 이상의 상대습도가 유지되기 때문이다(KMA, 2013). 잎의 상태는 굴녹응애 밀도 증가에 영향을 미치는 요인이 될 수 있을 것으로 판단된다. 아직까지 감귤 잎의 연령과 굴녹응애 발생에 관한 결과는 보고된 바 없었다. 본 연구 결과에서 어린 잎 보다는 성숙한 잎(40일 된 잎)에서 밀도가 빨리 증가하였다. 그렇다고 전년도 발생한 묵은 잎을 선호하는 것은 아니었다(Table 3). 포장발생소장에서 5월 중순부터 새로 발생한 잎에서 굴녹응애 밀도가 증가하기 시작하였는데, 일반적으로 감귤 발아가 4월 상순 시작되므로 5월 중순경이면 굴녹응애 증식에 적당한 잎의 연령이 되는 것으로 보인다.

본 조사에서는 8월 하순 굴녹응애 밀도가 감소한 후 그 후에는 더 증가하지 않았다. 일본에서도 9월 초부터 현저하게 밀도가 감소하는 것으로 보고되었지만, 가을철 온도가 온난한 경우는 11월까지도 발생한다(Seki, 1975; Nakamura, 2002). 제주 감귤에서도 생육후기 발생이 증가하는 경우가 보고된 바 있다(Keown et al., 1986). 따라서 기상에 따라 계절후기 피해가 돌발적으로 발생할 수 있기 때문에 이때는 철저한 예찰을 통하여 방제여부를 판단해야 할 것이다.

연구결과를 종합하여 감귤원에서 굴녹응애 방제 방안을 제시한다면 다음과 같을 수 있다. 생육초기 방제는 굴녹응애가 과실로 정착하는 6월상순까지 마무리가 필요하다. 제주 감귤에서는 일반적으로 검은점무늬병 방제를 위하여 6월 상순 유기유황제(대표약제 mancozeb)를 살포함으로써 동시방제가 가능할 것이다. 다만, 굴녹응애의 약제 저항성에 대한 정보가 없으므로 기계유유제를 혼용하는 경우 효과를 증진시킬 수 있다(Kim et al., 2010). 또한 개화전 굴응애 방제목적으로 사용하는 기계유유제도 초기 굴녹응애 방제에 도움이 될 것이다. 생육후기에는 예찰방제를 전제로 하지만, 제주 감귤에서 과실영양 공급(칼슘) 및 착색 개선을 목적으로 관행적으로 9월 하순 살포하는 석회유황합제(200배)가 굴녹응애 방제에 효과적일 수 있다(Kim et al., 2010). 이와 같은 시기별 방제요소가 생략되는 경우는 굴

녹응에 발생예찰에 더욱 고심하여 우발적인 피해를 방지해야 할 것이다. 본 연구결과는 향후 더 진전된 굴녹응에 자료가 제시될 때까지 굴녹응에 방제에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgement

This study was conducted as part of 'Site Joint Cooperating Agricultural Research-promoting Project (Nos. 20070401080116 and 20070101080004)' supported by the Rural Development Administration and the Technology Development Program for Agriculture and Forestry, Ministry for Agriculture, Forestry and Fisheries, Republic of Korea.

Literature Cited

- Anonymous, 1986. A list of plant diseases, insect pests, and weeds in Korea. 2nd ed., 633 pp. The Korean Society of Plant Protection. Leewoo Press co. Ltd., Korea.
- Ashihara, W., A. Kondo, Shibao, M., Tanaka, H., Hiehata, K., Izumi, K., 2004. Ecology and control of Eriophyid mites injurious to fruit trees in Japan. *JARQ* 38, 31-41.
- Childers, C.C., Achor, D.S., 1999. The Eriophyoid mite complex on Florida citrus (Acari: Eriophyidae and Diptilomiopidae). *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 112, 79-87.
- Hobza, R.F., Jeppson, L.R., 1974. A temperature and humidity study of citrus rust mite employing a constant humidity air-flow technique. *Environ. Entomol.* 3, 813-822.
- Keifer, H.H., 1975. Eriophyoidea Nalepa, in: Jeppson, L.R., Keifer, H.H., Baker, E.W. (Eds.), *Mites injurious to economic plants*. University of California Press, Berkeley, California, USA, pp.327-396.
- Keifer, H.H., Kono, E.W.T., Delfinado, M., Styer, W. E., 1982. An illustrated guide to plant abnormalities caused by Eriophyid mites in North America. *USDA-ARS, Agric. Handbook* 573, 178pp.
- Keown, H.M., Nam, K.W., Moon, D.Y., 1986. Studies on the control and seasonal abundances of citrus pests, in: *Annual Research Report for 1986*, Cheju Agrcultural Station, RDA. pp. 353-366 (in Korean with title translated into English by the authors).
- Kim, D.H., Kwon, H.M., Kim, K.S., 2000. Current status of the occurrence of the insect pests in the citrus orchard in Cheju Island. *Korean J. Appl. Entomol.* 39, 276-274.
- Kim, D.-S., Choi, K.S., Jang, Y.S., Song, J.H., 2009. The effects of elevated temperatures on the population phenology and abundance of citrus pests in Jeju, Korea. *International Symposium on Climate Change and Insect Pest*, Ramada Plaza Jeju Hotel, Jeju, Republic of Korea. 28-30 October, 2009.
- Kim, D.-S., Seo, Y.D., Choi, K.S., 2010. The effects of petroleum oil and lime sulfur on the mortality of *Unaspis yanonensis* and *Aculops pelekassi* in the laboratory. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 13, 283-288.
- KMA (Korea Meteorological Administration), 2013. Climate information. Accessed on 5 July at http://www.kma.go.kr/weather/climate/average_30years.jsp.
- Lide, D.R., 2006. *CRC handbook of chemistry and physics*, 87th edition. Taylor & Francis, Boca Raton-London New York.
- Nakamura, Y., 2002. Occurrence and control of the pink citrus mite and citrus red mite in Nagasaki Prefecture. *Kongetsu no Nogyo (Monthly Agric. Mag.)* 46, 31-35.
- Mijuskovic, M., 1973. Control of the citrus bud mite. *Poljoprivreda Sumarstvo* 19, 41-50.
- Robinson, R.A., Stokes, R.H., 1955. *Electrolyte solutions*, p. 510. Butterworth, London.
- SAS Institute, 1999. *SAS OnlineDoc*, version 8. SAS Institute, Cary, NC.
- Seki, M., 1975. Ecological studies of the pink citrus rust mite, *Aculops pelekassi* (Keifer), with special reference to the life cycle, forecasting of occurrence and chemical control of *A. pelekassi*. *Spec. Bull. Saga Pref. Fruit Tree Exp. Stn.* 2, 1-66.
- Seki, M., 1981. Life Cycle of the pink citrus rust mite, *Aculops pelekassi* (keifer), in Japan. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, pp. 656-658.
- Qu, S. C., Tashiro, N., Etoh, T., Sadamatsu, M., 1997. Occurrence of dithiocarbamate resistance strain and its susceptibilities to several chemicals in the pink citrus rust mite, *A. pelekassi* (Keifer), in Saga Prefecture. *Proc. Assoc. Plant Prot. Kyushu* 43, 125-129.